

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1992/93

Oktober/November 1992

EBB 315/3 - Bahan Semikonduktor I

Masa : (3 jam)

ARAHAN KEPADA CALON

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi LAPAN (8) mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Sila jawab LIMA (5) daripada ENAM (6) soalan.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM (6) soalan semuanya.

Semua soalan WAJIB dijawab dalam Bahasa Malaysia.

Semua jawapan MESTILAH dimulakan pada mukasurat baru.

...2/-

1. [a] Terbitkan persamaan yang menakrifkan jisim berkesan, m^* untuk sebutir elektron di dalam jalur tenaga.

(30 markah)

Huraikan ciri-ciri jisim berkesan m^* untuk elektron tersebut jika ianya berada di;

- i] pinggir atas jalur valens (10 markah)
- ii] pinggir bawah jalur konduksi (10 markah)

- [b] Lakarkan dan huraikan fungsi-fungsi yang disenaraikan di bawah

- i] Ketumpatan keadaan-keadaan elektron, $S(E)$ di jalur-jalur valens dan konduksi.

(15 markah)

- ii] Kebarangkalian pengisian $P(E)$ (Statistik-Fermi-Dirac) untuk keadaan-keadaan elektron yang tersebut di atas.

(15 markah)

- iii] Dengan menggunakan i] dan ii] di atas, lakarkan ketumpatan elektron di jalur-jalur konduksi dan valens.

(20 markah)

...3/-

2. [a] Diberi ketumpatan elektron dipinggir bawah jalur konduksi adalah

$$n = A_C \exp \left[- \frac{(E_C - E_F)}{kT} \right]$$

dan ketumpatan lohong dipinggir atas jalur valens adalah

$$P = A_V \exp \left[- \frac{(E_F - E_V)}{kT} \right]$$

di mana $A_C = \frac{2(2\pi m_e kT)^{3/2}}{h^3}$

$$A_V = \frac{2(2\pi m_h kT)^{3/2}}{h^3}$$

dengan E_C , E_V , m_e , m_h , k , h dan T mengambil maksud mereka yang biasa masing-masing, buktikan bahawa aras Fermi E_F untuk elektron-elektron di dalam semikonduktor intrinsik terletak di tengah-tengah jurang tenaga susunan itu. Huraikan segala andaian yang telah dibuat.

(30 markah)

- [b] Huraikan bagaimana aras tenaga Fermi E_F boleh berubah apabila hablur semikonduktor itu didopkan dengan atom-atom pendop daripada;

i] kumpulan III dan

ii] kumpulan V

(30 markah)

- [c] Suatu hablur semikonduktor Si telah didop dengan menggantikan setiap 2×10^8 atom Si dengan 8 atom Aluminium. Kirakan ketumpatan pembawa-pembawa cas majoriti dan minoriti dan seterusnya dapatkan peratusan perubahan kekonduksian hablur semikonduktor yang telah terdop itu berbanding dengan keadaan asalnya. Gunakan data daripada lampiran 1.

(40 markah)

...4/-

3. [a] Diketahui bahawa kekonduksian elektrik $\sigma(T)$ suatu hablur semikonduktor ekstrinsik adalah suatu parameter yang peka kepada perubahan suhu T .

Huraikan dengan jelas pernyataan di atas dengan menggunakan graf-graf yang sesuai.

(50 markah)

- [b] Takrifkan kelincahan $\mu(T)$ untuk sesuatu pembawa cas di dalam suatu hablur semikonduktor.

Apakah faktor-faktor yang boleh mempengaruhi kelincahan pembawa-pembawa cas di dalam hablur tersebut. Huraikan dengan jelas.

(30 markah)

- [c] Kirakan pekali peresapan D untuk lohong di dalam semikonduktor intrinsik Si pada suhu 300 K. Gunakan data daripada lampiran 1.

(20 markah)

4. [a] Terbitkan kelincahan Hall μ_H dan pekali Hall R_H untuk sebuah hablur semikonduktor intrinsik. Daripada terbitan itu, terangkan maksud μ_H dan R_H .

(40 markah)

- [b] Daripada terbitan yang dilakukan di atas, dapatkan sebutan-sebutan μ_n dan R_H untuk semikonduktor jenis n .

(20 markah)

- [c] Sebuah hablur Ge berbentuk segi empat yang mempunyai kekonduksian $5.0 \times 10^1 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ dan berkeratan lintang $1.0 \text{ cm} \times 1.0 \text{ cm}$ telah melakukan arus bermagnitud 2.5×10^{-3} ampere sementara aruhan magnet 1.0×10^{-1} Tesla sedang dikenakan. Arah aruhan magnet adalah tegak lurus kepada arah arus di dalam sampel tersebut.

Kirakan magnitud voltan Hall yang teraruh di antara permukaan yang selari dengan aliran arus itu.

(40 markah)

5. [a] Apakah peranan peresapan pembawa-pembawa cas majoriti di dalam pencapaian keseimbangan di kawasan sesuatu persimpangan p-n.

(20 markah)

- [b] Terbitkan persamaan lengkap yang memperihalkan pengaliran keseimbangan untuk semua jenis pembawa cas di kawasan persimpangan p-n. Huraikan anggapan-anggapan yang telah dibuat.

(20 markah)

- [c] Lakarkan struktur jalur tenaga di sesuatu kawasan persimpangan p-n. Tunjukkan dengan jelas kedudukan aras Fermi, E_F .

(10 markah)

Jika sekiranya persimpangan itu dibiaskan ke hadapan, lakarkan struktur jalur tenaga yang terubah itu.

Ulangi untuk keadaan di mana persimpangan itu dibias ke belakang.

(20 markah)

- [d] Lakarkan ciri-ciri I-V untuk suatu persimpangan p-n dan dapatkan sebutan-sebutan yang memperihalkan perubahan arus-arus hadapan dan ke belakang dengan voltan pembiasan.

(30 markah)

6. [a] Terangkan dengan jelas prinsip pembentukan suatu diod penerowongan.

(20 markah)

- [b] Lakarkan dan terangkan ciri-ciri I-V untuk diod tersebut. Huraikan maksud "kerintangan negatif" yang wujud pada diod itu dan berikan satu contoh penggunaan ciri tersebut.

(20 markah)

...6/-

- [c] Apakah yang dimaksudkan dengan jurang tenaga terus dan jurang tidak-terus untuk hablur semikonduktor?

Terangkan perbezaan yang mungkin terdapat pada ciri-ciri penyerapan optik untuk hablur-hablur semikonduktor berjurang terus dan tidak terus.

(30 markah)

- [d] Kirakan pertambahan kepada kekonduksian $\Delta\sigma$ pada suatu sampel hablur semikonduktor jika ianya tersinar kepada cahaya yang berjaya menghasilkan G_{ph} pasangan elektron-lohong persaat. Andaikan masa hayat untuk elektron dan lohong adalah τ_e dan τ_h masing-masing.

(30 markah)

-oooOooo-

LAMPIRAN I

	Si	Ge
$n_i \text{ (m}^{-3}\text{)}$	1.5×10^{16}	2.4×10^{18}
$\rho \text{ (g. m}^{-3}\text{)}$	2.33×10^6	5.32×10^6
$\mu_e \text{ (m}^2 \text{ v}^{-1} \text{ s}^{-1}\text{)}$	0.135	0.39
$\mu_h \text{ (m}^2 \text{ v}^{-1} \text{ s}^{-1}\text{)}$	0.048	0.19
$E_g \text{ (ev)}$	1.1	0.67
Jisim Atom	28.09	72.59

Sifat-sifat semikonduktor intrinsik Si dan Ge pada 300 K.

LAMPIRAN 2

Pemalar Fizik

<u>Pemalar</u>	<u>Simbol</u>	<u>Nilai</u>
cas elektron	e	$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
halaju cahaya	c	$2.998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
jejari Bohr	a_0	$5.292 \times 10^{-11} \text{ m}$
jisim elektron	m_e	$9.110 \times 10^{-31} \text{ kg}$
jisim neutron	m_n	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
jisim proton	m_p	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
ketelapan vakum	μ_0	$1.257 \times 10^{-6} \text{ H.m}^{-1}$
ketelusan vakum	ϵ_0	$8.854 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$
magneton Bohr	μ_B	$9.274 \times 10^{-24} \text{ A.m}^2 \text{ (J.T}^{-1}\text{)}$
magneton nukleus	μ_N	$5.051 \times 10^{-27} \text{ A.m}^2 \text{ (J.T}^{-1}\text{)}$
pemalar Avogadro	N_A	$6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
pemalar Boltzmann	K	$1.381 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
		$1.381 \times 10^{-16} \text{ erg. K}^{-1}$
pemalar Faraday	F	$9.64 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$
pemalar gas	R	$8.314 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
		$0.08206 \text{ L.atm. K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
		$82.06 \text{ cm}^3 \text{ .atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
pemalar Planck	h	$6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
		$6.626 \times 10^{-27} \text{ erg.s}$